

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Строительные технологии и конструкции»

П. Ю. ЭТИН

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПРОПУСКНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ ПОД НАСЫПЯМИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Одобрено методической комиссией строительного факультета  
в качестве учебно-методического пособия  
по выполнению расчетно-графических работ для студентов  
специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»*

Гомель 2017

УДК 625.7:624.012.41(075.8)

ББК 39.311

Э90

Р е ц е н з е н т – директор филиала «Мостостроительное управление № 4»  
ОАО «Мостострой» *С. Н. Лазбекин.*

**Этин, П. Ю.**

Э90 Проектирование водопропускных железобетонных труб под насыпями автомобильных дорог : учеб.-метод. пособие по выполнению расчетно-графических работ / П. Ю. Этин ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 47 с.  
ISBN 978-985-554-704-5

Приведена последовательность проектирования водопропускных железобетонных труб под насыпями автомобильных дорог. Представлен обзор конструкций и элементов водопропускных труб, а также технологический процесс строительства водопропускной трубы.

Разработано с использованием типовых конструкций на основе действующих технических нормативных правовых актов (ТНПА).

Предназначено для выполнения расчетно-графических работ по дисциплине "Мосты и сооружения на дорогах" студентами специальности 1–70 03 01 "Автомобильные дороги".

**УДК 625.7:624.012.41(075.8)**

**ББК 39.311**

**ISBN 978-985-554-704-5**

© Этин П. Ю., 2017

© Оформление. БелГУТ, 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
<b>1 Расчетно-графическая работа "Конструирование водопропускной трубы"</b>	5
1.1 Определение размеров водопропускной трубы.....	6
1.2 Компоновка водопропускной трубы из типовых элементов.....	9
1.3 Выбор типа фундамента водопропускной трубы и глубины его заложения..	12
1.4 Определение уклона и строительного подъема водопропускной трубы.....	15
<b>2 Расчетно-графическая работа "Статический расчет водопропускной трубы"</b>	18
2.1 Определение расчетного вертикального давления на звенья трубы от веса насыпи (постоянные нагрузки).....	19
2.2 Определение расчетного вертикального давления на звенья трубы от подвижной (временной) нагрузки.....	21
2.3 Проверка достаточности ширины подошвы фундамента по прочности несущего слоя.....	22
2.4 Разработка рабочего чертежа конструкции водопропускной трубы.....	23
<b>3 Расчетно-графическая работа "Технология строительства водопропускной трубы"</b> .....	23
3.1 Технология строительства водопропускной трубы.....	23
3.2 Разработка плана строительной площадки водопропускной трубы.....	28
<b>Приложения</b>	
А Исходные данные для проектирования водопропускной трубы.....	32
Б Глубина промерзания грунта.....	33
В Типовые элементы круглых водопропускных железобетонных труб.....	36
Г Типовые элементы прямоугольных водопропускных железобетонных труб..	39
Д Типовые элементы фундаментов.....	43
Е Нормативные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов.....	45
Ж Пример оформления чертежа конструкции водопропускной трубы.....	вкл.
И Пример оформления чертежа плана строительной площадки.....	вкл.
<b>Список литературы</b> .....	47

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Водопропускные трубы** являются самыми распространенными дорожными сооружениями. На каждые 100 км республиканских автомобильных дорог приходится 126 водопропускных труб, на местных дорогах – 95.

По сравнению с малыми мостами трубы имеют ряд преимуществ: непрерывность земляного полотна и, следовательно, повышенную комфортабельность проезда, меньшую стоимость и трудоемкость строительства, малые эксплуатационные расходы.

На автомобильных дорогах для строительства труб используют железобетон, бетон, металл, камень. Ведутся широкие исследования и строительство труб из различных полимерных материалов (стеклопластиков, полимербетона, поливинилхлорида и др.).

По форме поперечного сечения трубы могут быть *круглыми, прямоугольными, овоидальными и арочными*, а по количеству отверстий в одном сооружении – *одно-, двух- и многоочковыми*. Очертание и форму поперечного сечения труб принимают на основании гидравлического расчета с безнапорным, полунанпорным или напорным режимами протекания потока с такой скоростью, которая бы не размывала насыпь перед трубой и на выходе за ней.

С целью регулирования водного потока, обеспечения плавности его протекания и предотвращения продольных смещений элементов трубы при оползаниях откосов насыпи входные и выходные участки труб оборудуются оголовками: порталными, раструбными, обтекаемыми и воротниковыми.

Наиболее часто применяют круглые и прямоугольные железобетонные трубы из элементов заводского изготовления.

**Общие указания к расчетно-графическим работам.** Согласно учебному плану студенты IV курса строительного факультета

специализации

1–70 03 01 "Автомобильные дороги" по дисциплине "Мосты и сооружения на дорогах" должны выполнить *три расчетно-графические работы* по проектированию водопропускной железобетонной трубы под насыпью автомобильной дороги.

Цель работ: детальное изучение элементов и конструкций водопропускных труб; развитие творческого инженерного мышления.

В результате выполнения работ у студентов должны сформироваться навыки в работе с типовой проектной документацией, нормативной базой, справочниками и другой технической литературой. Каждый студент должен чувствовать ответственность за принимаемые проектные решения и правильно их обосновывать.

**Оформление расчетно-графических работ.** Текстовый материал работ должен быть написан черными чернилами на одной стороне листов белой писчей бумаги формата А4 со штампом. Каждая страница должна иметь поля шириной: слева – 25 мм, справа и сверху – по 20 мм и снизу – 10 мм.

Чертежи следует выполнять на отдельных листах миллиметровой бумаги формата А3 или А4. Расчетные схемы надо размещать по тексту.

Страницы работ должны быть пронумерованы.

При оформлении формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Пояснение значений символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, необходимо приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента следует давать с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слова "где" без двоеточия после него.

Первой страницей каждой работы являются исходные данные на расчетно-графическую работу, в конце следует привести перечень использованной литературы.

## **1 РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА "КОНСТРУИРОВАНИЕ ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ"**

**Расчетно-графическая работа включает следующие задачи:**

- 1 Определение размеров водопропускной трубы.
  - 2 Компоновка водопропускной трубы из типовых элементов.
  - 3 Выбор типа фундамента водопропускной трубы и глубины его заложения.
  - 4 Определение уклона и строительного подъема водопропускной трубы.
- Расчетно-графическая работа состоит из 7–9 листов пояснительной

записки и чертежей, выполненных на отдельных листах миллиметровой бумаги формата А4:

- схема расположения фундаментных элементов водопропускной трубы;
- график для расчета осадки фундамента трубы.

## 1.1 Определение размеров водопропускной трубы

В современной практике используются следующие конструктивные разновидности труб:

- круглые железобетонные (КЖБТ) с отверстием диаметром 1,0; 1,2; 1,4 и 1,6 м с расположением отверстий от 1 до 3 рядов;
- прямоугольные железобетонные (ПЖБТ) с отверстием 1,0; 1,25; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 и 4,0 м с расположением отверстий от 1 до 2 рядов;
- прямоугольные бетонные с плоским железобетонным перекрытием и отверстиями 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 и 6,0 м с расположением в 1 и 2 ряда;
- круглые металлические гофрированные диаметром 1,5; 2,0 и 3,0 м с расположением отверстий от 1 до 4 рядов.

В данном учебно-методическом пособии рассмотрены принципы проектирования круглых и прямоугольных железобетонных труб.

В соответствии с исходными данными, представленными в приложении А, студенты по своему варианту выбирают:

- область, пункт проектирования;
- высоту насыпи  $H$ , м;
- расчетный расход воды  $Q_{\text{рас}}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;
- категорию автомобильной дороги;
- отметку бровки земляного полотна  $\nabla\text{БП}$ ;
- тип трубы (вид соединения).

Размер проходного отверстия водопропускной трубы назначается в зависимости от величины расчетного расхода воды  $Q_{\text{рас}}$  и максимально пропускаемого расхода воды  $Q_{\text{max}}$  в трубе из условия обеспечения водопропускной способности ( $Q_{\text{max}} > Q_{\text{рас}}$ ).

Размеры проходных отверстий круглых и прямоугольных железобетонных труб в зависимости от их максимально пропускаемого расхода воды представлены в таблицах 1.1 и 1.2, а их поперечные разрезы – на рисунках 1.1 и 1.2.

Т а б л и ц а 1.1 – Размеры проходных отверстий круглых железобетонных труб

$d$ , м	1,0	1,2	1,4	1,6
$Q_{\text{max}}$ , $\text{м}^3/\text{с}$	1,63	2,58	3,80	5,29

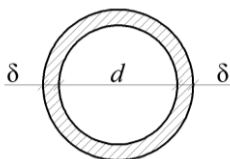
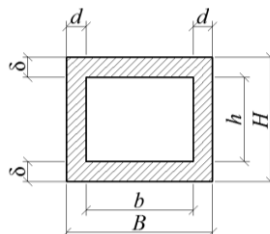


Рисунок 1.1 – Поперечный разрез круглой железобетонной трубы

Т а б л и ц а 1.2 – Размеры проходных отверстий прямоугольных железобетонных труб

$b \times h$ , м	1,0×1,5	1,25×1,5	1,5×2,0	2,0×2,0	2,5×2,0	3,0×2,5
$Q_{\max}$ , м <sup>3</sup> /с	3,10	4,0	7,4	10,30	13,01	18,9

Рисунок 1.2 – Поперечный разрез прямоугольной железобетонной трубы



Если расчетный расход воды  $Q_{\text{рас}}$  превышает допустимые значения максимально пропускаемого расхода воды  $Q_{\max}$ , то принимают двух- или трехочковые трубы с одинаковыми размерами отверстий. Для этого расчетный расход воды  $Q_{\text{рас}}$  делят на условное число отверстий и выбирают размер трубы для одного отверстия, для остальных он принимается такой же. Значение максимального расхода воды  $Q_{\max}$  принимается как суммарное для отверстий.

При определении длины трубы следует учитывать ширину земляного полотна, высоту насыпи, крутизну откосов и высоту отверстия трубы (рисунок 1.3). Первоначально определяют расчетную длину трубы приближенно по формулам, а затем уточняют с учетом длины звеньев и оголовков.

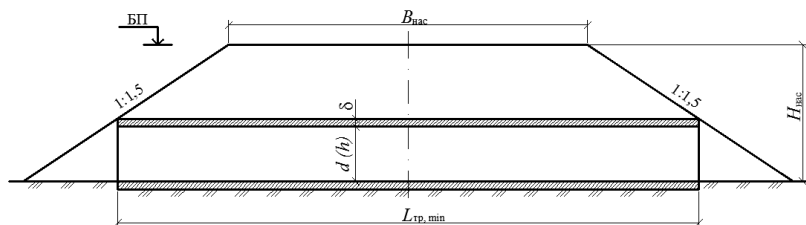


Рисунок 1.3 – Расчетная схема для определения длины водопропускной трубы

*Примечание* – Для прямоугольной водопропускной трубы  $d = h$ .

Минимальная длина трубы определяется по формуле

$$L_{\text{од, min}} = B_{\text{ф а н}} + 2m(H_{\text{ф а н}} - h - \delta), \quad (1.1)$$

где  $B_{\text{нас}}$  – ширина дорожного полотна, м, принимаемая по ТКП 45-3.03-19 [1] в зависимости от категории дороги (таблица 1.3);

$m$  – коэффициент заложения откоса;

$H_{\text{нас}}$  – высота насыпи;

$h$  – высота отверстия трубы, м;



$\delta$  – толщина стенки трубы (таблицы. В1, В2, Г1), м.

Т а б л и ц а 1.3 – **Размеры ширины дорожного полотна**

Наименование параметра поперечного профиля	Категория дороги			
	II	III	IV	V
Ширина дорожного полотна	13	12	10	8

Среднюю длину трубы определяют по формуле

$$L_{\text{ср}}^{\text{нб}} = n_{\text{сз}} l_{\text{сз}} + n_{\text{ш}} h_{\text{ш}}, \quad (1.2)$$

где  $n_{\text{зв}}$  – количество звеньев в трубе;

$l_{\text{зв}}$  – длина звена, м;

$n_{\text{шв}}$  – количество стыковых омоноличиваемых швов;

$h_{\text{шв}}$  – толщина стыковочного омоноличиваемого шва равная 0,01 м.

Полная длина трубы

$$L_{\text{п}} = L_{\text{ср}}^{\text{нб}} + 2b_{\text{п}} + 2l_{\text{ок}} \cos \beta, \quad (1.3)$$

где  $b_{\text{пс}}$  – ширина порталной стенки м;

$l_{\text{ок}}$  – длина откосного крыла, м;

$\beta$  – угол растекания =  $45^\circ$ .

*Примечание* – В прямоугольной водопропускной трубе порталная стенка отсутствует. Крайние звенья заменяются на звенья оголовков (таблица Г.2).

**Пример расчета**

1 *Выбор размера сечения железобетонной водопропускной трубы.*

Согласно исходным данным, задана прямоугольная железобетонная водопропускная труба, расчетный расход воды  $Q_{\text{рас}} = 15,6 \text{ м}^3/\text{с}$ . Категория дороги – III, высота насыпи  $H_{\text{нас}} = 4,5 \text{ м}$ , пункт проектирования – Жлобин.

По таблице 1.2 назначаем размер проходного отверстия водопропускной трубы  $3,0 \times 2,5 \text{ (h)}$  м. При этом выполняется условие  $Q_{\text{max}} > Q_{\text{рас}}$  ( $18,9 > 15,6 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

Используя номенклатуру, принимаем марку типовых звеньев ЗП 16.100-F (таблица Г.1). Поперечное сечение выбранного типового звена водопропускной трубы представлено на рисунке 1.4.

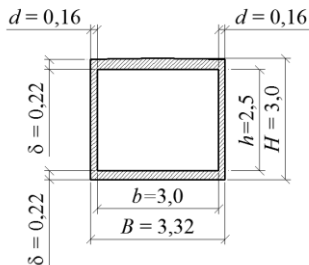


Рисунок 1.4 – Поперечное сечение типового звена водопропускной трубы ЗП 16.100-F

## 2 Определение минимальной длины водопропускной трубы.

Схема для определения минимальной длины трубы представлена на рисунке 1.5.

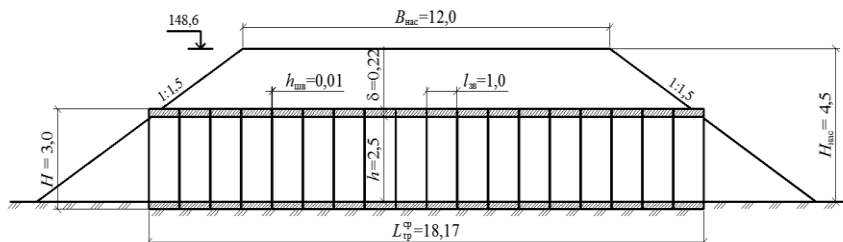


Рисунок 1.5 – Схема для определения длины водопропускной трубы

При  $B_{\text{нас}} = 12,00$  м,  $m = 1,5$  м,  $H_{\text{нас}} = 4,5$  м,  $h = 2,5$  м,  $\delta = 0,22$  м по формуле (1.1).

$$L_{\text{од},\text{min}} = 12 + 2 \cdot 1,5 \cdot (4,5 - 2,5 - 0,22) = 17,34 \text{ м}.$$

## 3 Определение средней длины водопропускной трубы.

Учитывая длину звена железобетонной прямоугольной трубы 1,0 м, назначаем количество звеньев в трубе 18 шт. Таким образом, при  $n_{\text{зв}} = 18$  шт.,  $l_{\text{зв}} = 1,0$  м,  $n_{\text{шв}} = 17$  шт.,  $h_{\text{шв}} = 0,01$  м по формуле (1.2)

$$L_{\text{од}}^{\text{ср}} = 18 \cdot 1 + 17 \cdot 0,01 = 18,17 \text{ м}.$$

Полная длина трубы определяется после компоновки водопропускной трубы из типовых элементов.

## 1.2 Компоновка водопропускной трубы из типовых элементов

Водопропускные трубы состоят из звеньев трубы и оголовков. Звенья трубы могут быть круглого или прямоугольного сечения, опираемые на железобетонные плиты или лекальные блоки для круглых труб (рисунки 1.6 и 1.7). Фундаменты труб устраивают из сборных бетонных блоков или монолитного бетона.

При входе и выходе из трубы устраивают оголовки, которые плавно вводят поток в трубу и выводят его, снижают сопротивление движению воды и повышают пропускную способность трубы, а также уменьшают опасность размыва насыпи и русла. Конструкция оголовков состоит из порталной стенки и двух откосных крыльев, заглубленных в грунт и установленных на щебеночную подготовку толщиной 10 см. Размеры порталной стенки не зависят от глубины промерзания и определены из

условия обеспечения надежного опирания на грунт и противодействия сдвигу.

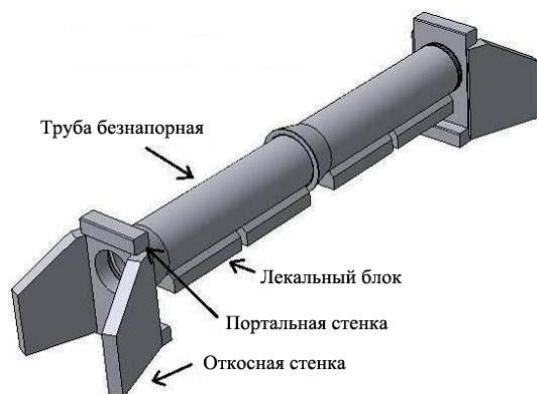


Рисунок 1.6 – Конструкция круглой водопропускной трубы

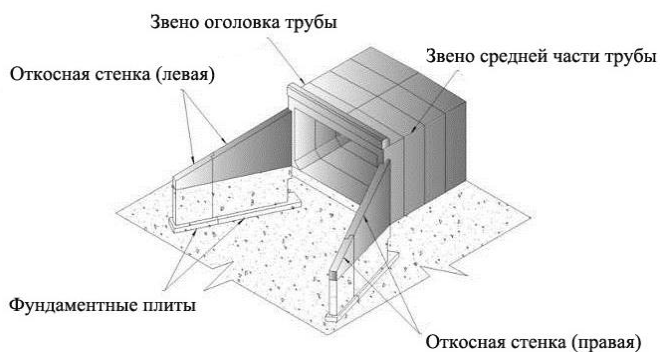


Рисунок 1.7 – Конструкция прямоугольной водопропускной трубы

Оголовки и звенья устраиваются на фундаментах. Из-за большего промерзания грунта в начале трубы, чем в ее середине, а также для предотвращения подмывов под оголовками фундаменты делают более глубокого заложения, чем под остальной частью трубы. Размеры крыльев остаются постоянными при любой глубине промерзания, изменяется лишь толщина фундамента в их основании. Дно трубы выполняют в виде лотка, имеющего продольный уклон.

Для предотвращения просачивания воды из трубы в насыпь на поверхность трубы, соприкасающейся с грунтом насыпи, наносят специальную гидроизоляцию, а швы заделывают раствором.

В прямоугольных трубах звенья соединяются в секции. Каждая секция состоит из трех звеньев (рисунок 1.8). Между звеньями предусмотрены омоноличиваемые швы толщиной 1 см. Между секциями, для

предотвращения излома трубы от неравномерной осадки, устраивают деформационные швы толщиной 3 см.

Выбор типовых конструктивных элементов трубы производят по номенклатуре (приложения В и Г). Назначают геометрические размеры звеньев, порталных стенок, откосных крыльев.

Параметры выбранных типовых конструкций элементов трубы необходимо свести в таблицу по форме таблицы 1.4.

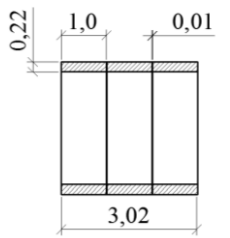


Рисунок 1.8 – Общий вид сечения прямоугольной трубы

Т а б л и ц а 1.4 – Параметры элементов трубы

Элемент трубы	Марка изделия	Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса изделия, т	Количество
<i>Для круглой водопропускной трубы</i>				
Звенья средней части				
Портальная стенка				
Откосная стенка				
<i>Для прямоугольной водопропускной трубы</i>				
Звенья средней части				
Звенья оголовка				
Откосная стенка				

### Пример расчета

1 Выбор входных и выходных оголовков (рисунок 1.9).

Марка звеньев трубы входного и выходного оголовка: ЗП 37 сб. (Блок № 106) ( $B = 3,32$  м,  $H = 3,34$  м,  $L = 1,00$  м,  $V = 3,00$  м<sup>3</sup>,  $m = 7,5$  т).

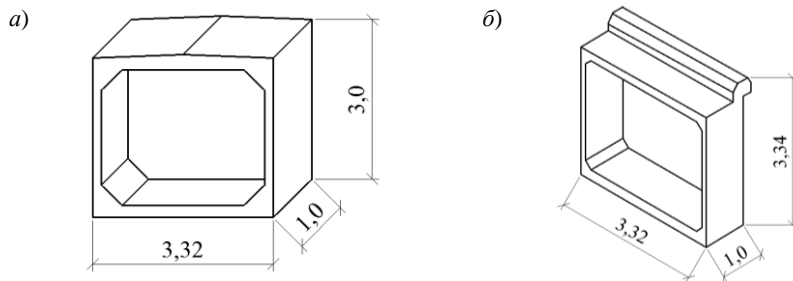


Рисунок 1.9 – Элементы водопропускной трубы:

а – звено трубы марки ЗП 16.100-*F*; б – звено трубы входного и выходного оголовка марки ЗП 37

2 Выбор откосных стенок (рисунок 1.10).

Исходя из геометрических размеров труб входного и выходного оголовков ( $a \times b = 3,32 \times 3,34$ ) по номенклатуре подбираются откосные крылья.



естественный грунт Данный вид фундамента применяется только для труб, работающих в безнапорном режиме протекания воды;

2) *сборно-монолитный железобетонный фундамент* из железобетонных блоков, устанавливаемый на спланированный уплотненный естественный грунт по щебеночной подготовке толщиной 10 см;

3) *бетонный монолитный фундамент*. Его устраивают в виде секции в зависимости от длины звеньев труб толщиной 30 см. Класс бетона С<sup>20/25</sup>.

В расчетно-графической работе фундамент под водопропускную трубу устраивается сборным из типовых элементов (приложение Д).

В круглой водопропускной трубе звенья опираются на лекальные блоки фундамента, которые в свою очередь опираются на фундаментные блоки.

В прямоугольной водопропускной трубе звенья опираются на фундаментные плиты, которые в свою очередь опираются на фундаментные блоки (рисунок 1.12).

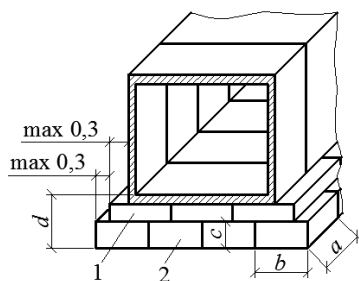
Глубину заложения фундаментов под звенья труб следует принимать на 0,25 м ниже расчетной глубины промерзания грунта с учетом уменьшения ее в направлении к продольной оси насыпи.

Минимальную глубину заложения фундамента рассчитывают по формуле

$$d_{\min} = d_{fn} + 0,25, \quad (1.4)$$

где  $d_{fn}$  – глубина промерзания грунта (принимается по приложению Б как средняя из максимальных за год).

Рисунок 1.12 – Фрагмент фундамента под прямоугольную водопропускную трубу:  
1 – фундаментные плиты; 2 – фундаментные блоки



Глубина заложения фундамента круглой трубы

$$d = \frac{H_{\text{лб}}}{2} + b_{\text{бл}} + \delta, \quad (1.5)$$

где  $H_{\text{лб}}$  – высота лекального блока, м;

$b_{\text{бл}}$  – толщина фундаментного блока, м;

$\delta$  – толщина стенки звена водопропускной трубы, м.

Глубина заложения фундамента прямоугольной трубы

$$d = b_{\text{пл}} + b_{\text{бл}} + \delta, \quad (1.6)$$

где  $b_{\text{пл}}$  – толщина фундаментной плиты, м;

$b_{\text{бл}}$  – толщина фундаментного блока, м;

$\delta$  – толщина ригеля звена водопропускной трубы, м.

Компоновка элементов фундамента выполняется для прямоугольной трубы на одну секцию, а для круглой трубы – на одно звено. На остальные секции прямоугольной трубы и звенья круглой трубы фундамент принимается аналогичным подобранному на секцию или звено.

При компоновке элементов фундамента необходимо учитывать следующие требования:

– фундаментные плиты по ширине трубы могут выступать за пределы звена не более чем на 30 см с каждой стороны (см. рисунок 1.11);

– фундаментные блоки могут выступать за пределы фундаментных плит не более чем на 30 см с каждой стороны (см. рисунок 1.11);

– если для некоторых секций или звеньев невозможно выполнить компоновку элементов фундамента в соответствии с требованиями, то необходимо устраивать монолитные участки.

Если после компоновки элементов фундамента глубина заложения фундамента меньше, чем минимальная глубина заложения  $d < d_{\text{min}}$ , то необходимо увеличивать высоту фундамента путем устройства одного ряда фундаментных плит или одного ряда фундаментных блоков, с учетом уменьшения высоты фундамента в направлении к продольной оси насыпи.

#### Пример расчета

Учитывая среднюю длину водопропускной трубы  $L_{\text{ср}}^{\text{нб}} = 18,17$  м; ширину звена  $B = 3,32$  м по номенклатуре (см. приложение Д), подбираем на звено трубы фундаментные плиты Ф1 размерами  $150 \times 125 \times 20$  см и фундаментные блоки Ф 6.302 размерами  $302 \times 132 \times 70$  см (рисунки 1.13, 1.14).

Укладываем фундаментные плиты и блоки, в центральной части трубы, в один ряд каждый.

Для Жлобина по таблице Б.1  $d_{\text{жл}} = 0,75$  м, тогда по формуле (1.4)

$$d_{\text{min}} = 0,75 + 0,25 = 1,0 \text{ м.}$$

При  $b_{\text{пл}} = 0,2$  м;  $b_{\text{бл}} = 0,7$  м по формуле (1.6)

$$d = 0,2 + 0,7 + 0,22 = 1,0 \text{ м.}$$

Условие  $d > d_{\text{min}}$  выполняется, фундамент подобран верно. Поперечный разрез водопропускной трубы с элементами фундамента представлен на рисунке 1.15.

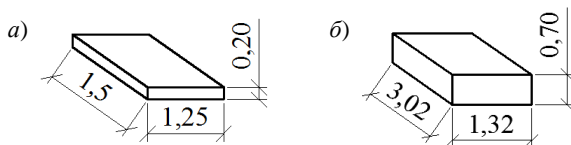


Рисунок 1.13 – Общий вид фундаментных плит и блоков:  
*a* – фундаментная плита; *б* – фундаментный блок

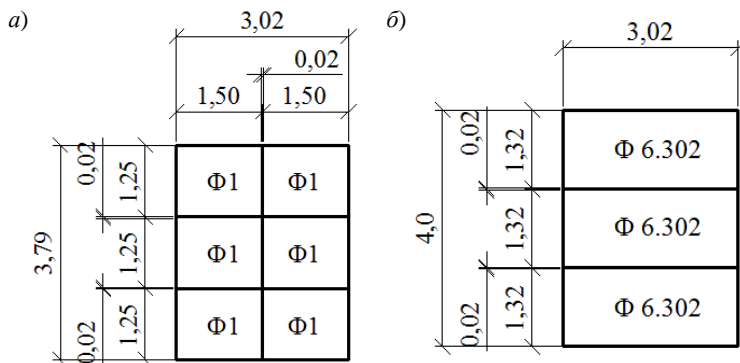
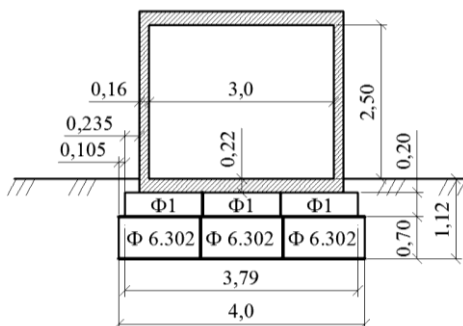


Рисунок 1.14 – Схема компоновки фундаментных плит и блоков водопрпускной трубы:  
*a* – схема компоновки фундаментных плит; *б* – схема компоновки фундаментных блоков

Рисунок 1.15 – Поперечный разрез водопрпускной трубы с элементами фундамента



#### 1.4 Определение уклона и строительного подъема водопрпускной трубы

При сооружении трубы на сжимаемом нескальном естественном основании вопрос о ее уклоне окончательно решается только после определения осадок и строительного подъема, создаваемого для частичной компенсации осадок.

Взаимосвязь между уклоном трубы  $i_t$ , осадкой трубы  $S$  относительно ее концов и строительным подъемом  $\Delta$  в середине трубы устанавливается на основе следующих предпосылок:

1 До засыпки трубы допустимо возвышение ее середины над входом на половину величины ожидаемой осадки в расчете на то, что вскоре после полной отсыпки насыпи над трубой указанное превышение исчезнет и труба к моменту начала эксплуатации не будет иметь обратного уклона на входе.



2 После завершения осадок труба может приобрести вогнутый профиль, однако ни в одном ее сечении при этом не должно быть обратного уклона.

Условия 1 и 2 приводят к тому, что профиль лотка трубы до и после протекания осадок должен быть ограничен соответственно двумя предельными кривыми 1 и 2, представленными на рисунке 1.16.

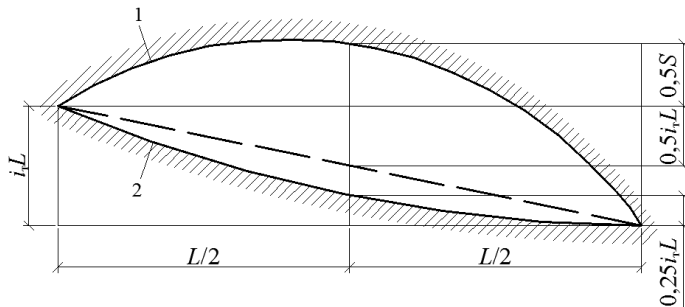


Рисунок 1.16 – Схема к определению допустимого строительного подъёма и уклона трубы

Очертание кривой 2 можно принять по окружности или квадратной параболе с горизонтальной касательной на низовом конце. Ордината кривой 2 в середине трубы при этом будет равна  $0,25i_0 L$ .

Условие 1 записывается в виде

$$\Delta \leq 0,5i_0 L + 0,5S. \quad (1.7)$$

Из условия 2 следует

$$S - \Delta \geq 0,25i_0 L. \quad (1.8)$$

Совместное решение неравенств (1.7) и (1.8) приводит к ограничению уклона трубы условием

$$i_0 \geq \frac{S}{1,5L}. \quad (1.9)$$

Для обоснованного решения всей совокупности вопросов об уклоне, строительном подъеме и типе фундамента трубы рекомендуется во всех случаях выполнять расчет осадок основания трубы с назначением уклона ее лотка исходя из величины  $i_{кр}$  с проверкой по условию (1.9), а строительный подъем назначить согласно формуле (1.7) после окончательного уточнения уклона.

Методика расчета осадок основания трубы под действием веса насыпи построена на принципе послойного суммирования деформаций обжатия грунта в пределах сжимаемой толщи. Верхняя граница сжимаемой толщи под насыпью высотой  $H_n$  проходит по подошве фундамента, нижняя граница

располагается на глубине  $H_a$ , определяемой:

1) при отсутствии грунтовых вод – по формуле

$$H_a = 3 + 1,4H_i; \quad (1.10)$$

2) при наличии грунтовых вод – по формуле

$$H_a = 4 + 1,8H_i. \quad (1.11)$$

В последнем случае сжимаемая весом насыпи толща оказывается больше, поскольку в бытовом состоянии грунты основания взвешены в воде и потому меньше обжаты собственным весом.

Осадка основания трубы

$$S = k\gamma H_i B \sum_{i=1}^n \frac{k_{si}^i - k_{si}^{\hat{a}}}{1000E_i}, \quad (1.12)$$

где  $k$  – коэффициент формы сечения насыпи;

$\gamma$  – объемный вес грунта насыпи,  $\gamma = 1,8 \text{ кН/м}^3$ ;

$k_{si}$  – безразмерные коэффициенты, определяемые по графику (рисунок 1.17), соответственно для нижней и верхней границы расчетного  $i$ -го слоя в пределах сжимаемой толщцы;

$E_i$  – модуль деформации грунта  $i$ -го слоя, МПа (приложение Е).

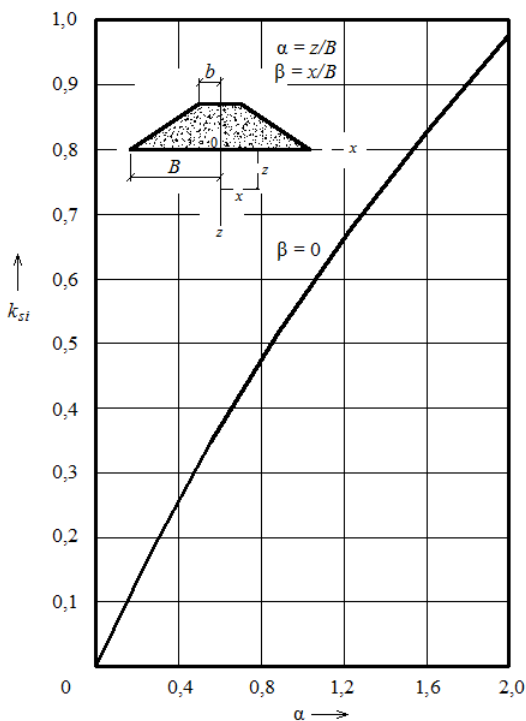


Рисунок 1.17 – График для расчета осадок фундаментов труб  
Коэффициент формы сечения насыпи определяется по формуле

$$k = 0,75 \left( 1 + \frac{b}{B} \right), \quad (1.13)$$

где  $b$  – полуширина насыпи поверху, м;

$B$  – полуширина насыпи понизу, м.

Расчет удобно вести в табличной форме (таблица 1.5).

Т а б л и ц а 1.5 – Расчет осадки основания трубы

№ слоя	Наименование грунта	$E_i$ , МПа	$\frac{z_i^B}{z_i^H}$	$\frac{\alpha_i^B}{\alpha_i^H}$	$\frac{k_{si}^{\hat{a}}}{k_{si}^i}$	$k_{si}^i - k_{si}^{\hat{a}}$	$\frac{k_{si}^i - k_{si}^{\hat{a}}}{1000E_i}$
1							
2							
3							
...							
$n$							

По результатам проверки устойчивости насыпи могут быть назначены меры стабилизации в виде уположения откосов, устройства берм, замена грунтов в основании насыпи, которые существенно отражаются на проектируемой трубе, в том числе и на осадках основания со всеми вытекающими из них последствиями.

## **2 РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА "СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ"**

**Расчетно-графическая работа включает следующие задачи:**

- 1 Определение расчетного вертикального давления на звенья трубы от веса насыпи (постоянные нагрузки).
- 2 Определение расчетного вертикального давления на звенья трубы от подвижной (временной) нагрузки.
- 3 Проверка достаточности ширины подошвы фундамента по прочности несущего слоя.

Расчетно-графическая работа состоит из 7–9 листов пояснительной записки и схемы к определению расчетного вертикального давления на звенья водопропускной трубы, расположенной на отдельном листе миллиметровой бумаги формата А4. В работе выполняется чертеж конструкции водопропускной трубы с основными конструктивными разрезами на листе бумаги формата А1.

### **2.1 Определение расчетного вертикального давления на звенья трубы от веса насыпи (постоянные нагрузки)**

Согласно ТКП 45-3.03-232 [2], параметры фундамента мелкого заложения устанавливаются расчетами по первой группе предельных состояний на основе сочетания расчетных (постоянных и временных) нагрузок.

К постоянным нагрузкам относятся: давление от веса насыпи, собственный вес конструкции трубы и гидростатическое давление, к временным – давление от подвижной нагрузки.

Схемы к определению расчетного вертикального давления на звенья трубы от постоянных нагрузок приведены на рисунках 2.1 и 2.2.

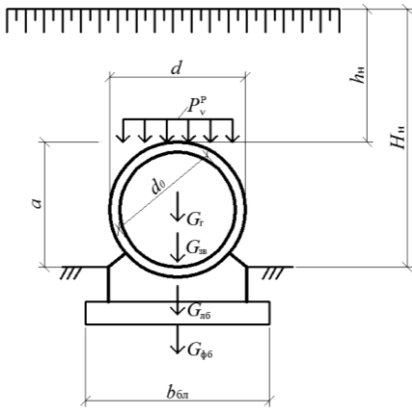


Рисунок 2.1 – Схема к определению расчетного вертикального давления на звенья железобетонной трубы от постоянных нагрузок

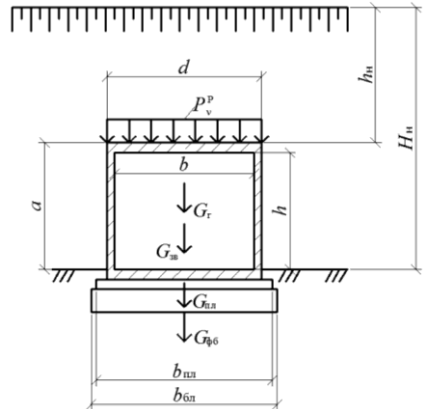


Рисунок 2.2 – Схема к определению расчетного вертикального давления на звенья прямоугольной железобетонной трубы от постоянных нагрузок

**Расчетное вертикальное давление грунта на звенья трубы** определяется по формуле

$$P_v^{\delta} = \gamma_f p_v, \quad (2.1)$$

где  $\gamma_f$  – коэффициент надёжности по нагрузке,  $\gamma_f = 1,1$ ;  
 $p_v$  – нормативное вертикальное давление, кПа.

**Нормативное вертикальное давление грунта от веса насыпи на звенья трубы**

$$p_v = C_v \gamma_n h_n, \quad (2.2)$$

где  $C_v$  – коэффициент вертикального давления грунта;  
 $\gamma_n$  – удельный вес грунта засыпки,  $\gamma_n = 17,7 \text{ кН/м}^3$ ;  
 $h_n$  – высота засыпки от верха дорожного покрытия до верха звена (см. рисунки 2.1 и 2.2), м.

Коэффициент вертикального давления грунта

$$C_v = 1 + B_0 \left( 2 - B_0 \frac{d}{h_n} \right) \tau_n \text{tg} \varphi_n, \quad (2.3)$$

где  $B_0$  – коэффициент, принимаемый по формуле

$$B_0 = \frac{3}{\tau_n \text{tg} \varphi_n} \cdot \frac{Sa}{h_n}, \quad (2.4)$$

где  $\varphi_n$  – нормативный угол внутреннего трения грунта засыпки трубы,  $\varphi_n = 30^\circ$ ;  
 $d$  – диаметр (ширина) звена водопропускной трубы по внешнему

контуру, м;  
 $S$  – коэффициент, принимаемый 1,0;  
 $a$  – расстояние от основания насыпи до верха звена трубы, м;  
 $\tau_n$  – коэффициент нормативного бокового давления грунта для звеньев трубы.

**Если  $B_0 > h_n/d$ , то следует принимать  $B_0 = h_n/d$ .**

Коэффициент нормативного бокового давления грунта для звеньев трубы определяется по формуле

$$\tau_n = tg^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi_n}{2} \right). \quad (2.5)$$

**Нагрузка от веса одного метра длины звена трубы**

$$G_{\text{зв}} = V_{\text{зв}} \gamma_b \gamma_f, \quad (2.6)$$

где  $V_{\text{зв}}$  – объем 1 метра звена, м<sup>3</sup> (см. приложение В);

$\gamma_b$  – удельный вес железобетона (24 кН/м<sup>3</sup>);

$\gamma_f$  – коэффициент надежности по нагрузке ( $\gamma_f = 1$ ).

В расчетах **нагрузки от фундамента водопропускной трубы** рассматривается полная ширина подошвы фундамента ( $b_{\text{фл}}$ ). Нагрузка определяется в зависимости от типа водопропускной трубы.

1 Для круглой водопропускной трубы.

*Нагрузка от одного метра длины лекального блока фундамента для КЖБТ* определяется по формуле

$$G_{\text{лб}} = V_{\text{лб}} \gamma_b \gamma_f, \quad (2.7)$$

где  $V_{\text{лб}}$  – объем одного погонного метра лекального блока (таблица Д.3), м<sup>3</sup>.

*Нагрузка от одного метра длины блоков фундамента* определяется по формуле

$$G_{\text{об}} = V_{\text{об}} \gamma_b \gamma_f, \quad (2.8)$$

где  $V_{\text{об}}$  – объем одного погонного метра фундаментного блока (таблица Д.2), м<sup>3</sup>.

2 Для прямоугольной водопропускной трубы.

*Нагрузка от одного метра длины фундаментных плит* определяется по формуле

$$G_{\text{пл}} = V_{\text{пл}} \gamma_b \gamma_f, \quad (2.9)$$

где  $V_{\text{пл}}$  – объем одного погонного метра фундаментной плиты (таблица Д.1), м<sup>3</sup>.

Нагрузка от одного метра длины блоков фундамента для прямоугольной водопропускной трубы определяется по формуле (2.8).

*Погонная нагрузка от гидростатического давления для круглой водопропускной трубы*

$$G_{\bar{a}} = \frac{\pi d_0^2}{4} \gamma_w \gamma_f, \quad (2.10)$$

где  $d_0$  – внутренний диаметр звена водопропускной трубы, м;

$\gamma_w$  – удельный вес воды,  $\gamma_w = 9,81$  кН/м<sup>3</sup>.

*Погонная нагрузка от гидростатического давления для прямоугольной трубы*

$$G_{\bar{a}} = bh\gamma_w\gamma_f, \quad (2.11)$$

где  $b$  и  $h$  – размеры проходного отверстия водопропускной трубы, м.

## 2.2 Определение расчетного вертикального давления на звенья трубы от подвижной (временной) нагрузки

Расчетное вертикальное давление грунта от подвижного состава на звенья трубы вычисляется по формуле

$$\delta_{v\psi}^{\delta} = \gamma_f(1 + \mu)p_{v\psi}, \quad (2.12)$$

где  $p_{v\psi}$  – нормативное вертикальное давление на звенья трубы от подвижной нагрузки, кПа;

$(1 + \mu)$  – динамический коэффициент к нагрузкам от подвижного состава автомобильных дорог, для железобетонных звеньев труб на автомобильных дорогах  $(1 + \mu) = 1,0$ .

Нормативное вертикальное давление на звенья трубы от подвижной нагрузки

$$p_{v\psi} = \frac{\Psi}{a_0 + h_i}, \quad (2.13)$$

где  $\psi$  – линейная нагрузка, принимается для нагрузки НК-80 при высоте засыпки 1 м и более  $\psi = 186$  кН/м;

$a_0$  – длина участка распределения, для нагрузки НК-80 при высоте засыпки 1 м и более  $a_0 = 3$  м.

## 2.3 Проверка достаточности ширины подошвы фундамента по прочности несущего слоя

Достаточность ширины подошвы фундамента  $b_{\text{бп}}$  определяют, исходя из обеспечения условия

$$p = \frac{P}{b_{\text{бп}}} \leq \frac{R}{\gamma_n}, \quad (2.14)$$

где  $p$  – давление под подошвой фундамента, кПа;

$P$  – расчетная вертикальная нагрузка, действующая на уровне обреза

фундамента, кН;

$R$  – расчетное сопротивление грунта основания сжатию под подошвой фундамента, кПа;

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый для фундаментов труб равным 1,4.

Расчетная вертикальная нагрузка, действующая на уровне обреза фундамента для круглой и прямоугольной труб, определяется по формулам

$$P = (G_{\text{сд}} + G_{\text{сд}} + G_{\text{дд}} + G_{\text{д}}) + (P_{\text{в}}^{\text{Д}} + \delta_{\text{вп}}^{\delta})d; \quad (2.15)$$

$$P = (G_{\text{сд}} + G_{\text{тд}} + G_{\text{дд}} + G_{\text{д}}) + (P_{\text{в}}^{\text{Д}} + \delta_{\text{вп}}^{\delta})d. \quad (2.16)$$

Расчетное сопротивление грунта основания сжатию под подошвой фундамента

$$R = 1,7\{R_0[1 + k_1(b_{\text{бл}} - 2)] + \gamma k_2(d - 3)\}, \quad (2.17)$$

где  $R_0$  – условное сопротивление грунта, кПа (см. приложение Е);

$k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты, определяемые по таблице 2.1;

$b_{\text{бл}}$  – ширина подошвы фундамента, м;

$\gamma$  – средний удельный вес слоев грунта, без учета взвешивающего действия воды принимается равным 19,62 кН/м<sup>3</sup>;

$d$  – глубина заложения фундамента, в расчете принимается от середины высоты насыпи, м.

Т а б л и ц а 2.1 – Значения коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$

Грунт	$k_1$	$k_2$
Гравий, галька, песок гравелистый, крупный и средний	0,10	3,0
Песок мелкий	0,08	2,5
Песок пылеватый, супесь	0,06	2,0
Суглинок и глина полутвердые и твердые	0,04	2,0
Суглинок и глина туго- и мягкопластичные	0,02	1,5

## 2.4 Разработка рабочего чертежа конструкции водопропускной трубы

На листе бумаги формата А1 в расчетно-графической работе выполняется чертеж конструкции водопропускной трубы с основными конструктивными разрезами в масштабе 1:50. На листе должны быть размещены: фасад входного оголовка трубы; продольный разрез трубы в насыпи земляного полотна; разрез по конструкции фундамента с расположением фундаментных элементов; разрез звена трубы с устройством гидроизоляции; расположение трубы в плане. Также должна быть составлена спецификация элементов на железобетонную трубу.



Пример оформления чертежа конструкции водопропускной трубы приведен в приложении Ж.

### **3 РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА "ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ"**

**Расчетно-графическая работа включает следующие задачи:**

1 Технология строительства водопропускной трубы.

2 Разработка плана строительной площадки водопропускной трубы.

Расчетно-графическая работа состоит из 8–10 листов пояснительной записки и плана строительной площадки, выполненного на листе миллиметровой бумаги формата А3.

#### **3.1 Технология строительства водопропускной трубы**

Работы по строительству водопропускной трубы разделяются на следующие этапы:

- 1) подготовительные работы;
- 2) разбивочные работы;
- 3) устройство котлована;
- 4) устройство щебеночной подготовки;
- 5) устройство фундамента трубы;
- 6) монтаж оголовков и звеньев трубы;
- 7) устройство гидроизоляции;
- 8) засыпка трубы и укрепительные работы.

**Подготовительные работы.** До начала устройства котлована под фундамент расчищают и планируют площадку для разгрузки элементов трубы, расчищают русло со стороны выходного оголовка и устраивают с нагорной стороны на расстоянии не менее 1,5 м от контура котлована водоотводные канавы для перехвата поверхностных вод, которые могут попасть в котлован. Если котлован трубы располагается вблизи от постоянно действующего водотока, то его отводят в сторону за пределы контура котлована. Котлован труб без креплений разрабатывают только в устойчивых сухих маловлажных грунтах.

Для завоза оборудования, бетонных блоков и материалов бульдозером расчищают и планируют подъездные дороги, обеспечивающие свободный проезд по кольцевой схеме движения.

**Разбивочные работы.** Положение трубы определяется проектом дороги. Промерами по оси трубы намечают контур котлована и обозначают его кольешками. Схема закрепления оси водопропускной трубы представлена на рисунке 3.1.

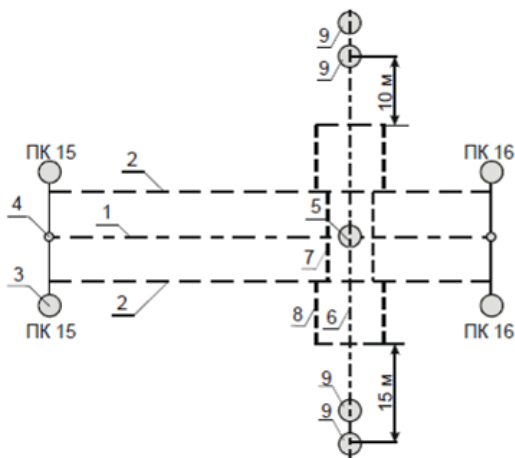


Рисунок 3.1 – Схема закрепления оси водопропускной трубы:

1 – ось дороги; 2 – граница полосы отвода дороги; 3 – выносные столбы, закрепляющие местоположение пикета за полосой отвода; 4 – деревянный кол, вбиваемый на оси в точке, соответствующей пикету; 5 – деревянный столб, служащий для фиксации точки пересечения осей трубы и дороги; 6 – продольная ось трубы; 7 – границы траншеи под фундамент звеньев трубы; 8 – границы котлованов под оголовки; 9 – деревянные столбы, служащие для фиксации оси трубы

На расстоянии 1 м от границ котлована устраивают обноску из досок или брусьев и обозначают на ней продольную ось трубы и положение оголовков, открылков, секций фундамента.

Обноска по возможности должна быть заглублена в землю для предохранения от повреждения бульдозером или экскаватором.

**Устройство котлована.** Размеры котлована в плане должны соответствовать размерам фундамента с запасом. Расстояние между вертикальной стенкой котлована и боковой поверхностью фундамента применяют не менее 0,7 м в каждую сторону, если предусмотрено нанесение гидроизоляции на конструкцию или выполнение других работ, связанных с пребыванием людей в котловане. Когда такие работы не предусмотрены, эта величина может быть уменьшена до 0,1 м. Котлован отрывают бульдозером продольными проходами от выходного оголовка с отсыпкой грунта за пределами входного оголовка. Дорабатывают котлован под оголовки и открылки экскаватором на пневмоколесном ходу.

При отрывке котлована грунт не добирают до проектной отметки на 10 см. Окончательно дорабатывают котлован до проектной отметки вручную под рейку с учетом продольного уклона и строительного подъема трубы.

Общий вид дна котлована после разработки грунта экскаватором представлен на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Общий вид дна котлована при разработке грунта экскаватором

Стенки котлована под оголовки делают пологими с крутизной откоса до 1:1.

Грунтовые воды отводят в водосборные колодцы, расположенные за котлованом, откуда ее откачивают насосами.

**Устройство щебеночной подготовки.** По спланированному и зачищенному дну котлована устраивают щебеночную подготовку толщиной 10 см под фундамент из лекальных блоков и под блоки оголовков.

Щебень, доставляемый автомобилями-самосвалами, разгружают непосредственно в котлован, разравнивают и уплотняют электротрамбовками (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Уплотнение щебеночной подготовки вибрационной плитой

По окончании работы производят инструментальную проверку отметок щебеночной подготовки и положение ее в плане и выполняют разбивку

проектного положения блоков и звеньев.

Уклон поверхности щебеночной подготовки должен соответствовать проектному уклону с учетом заданного строительного подъема трубы.

**Устройство фундамента труб.** Фундаменты труб устраивают сборными из блоков. Уклон фундамента с учётом строительного подъёма создают ступенчатым расположением секций. В пределах секций фундамент располагается горизонтально.

При установке фундаментных плит, фундаментных блоков и лекальных блоков их стропуют, удерживая от раскачивания. Блоки опускают на высоту 10–15 см от основания, точно наводят и опускают на щебеночную подготовку.

В процессе установки фундаментных плит, фундаментных блоков и лекальных блоков проверяют горизонтальность ряда (относительное смещение смежных блоков не должно превышать 10 мм) и уклон трубы по верху фундамента, а также длину секций (отклонения не должны превышать +15, –0 мм).

**Монтаж оголовков и звеньев труб.** При монтаже трубы необходимо выполнять следующие требования:

– выходной оголовок надо монтировать до начала установки промежуточных звеньев;

– при укладке цилиндрических звеньев труб необходимо следить, чтобы бетонная подушка обеспечивала под звеньями на установленном в проекте угле охвата плотный контакт с поверхностью звена на всей длине;

– следует устанавливать прямоугольные и круглые звенья труб с плоской пятой на растворе подвижностью от 6 до 8 см.

Укладку надфундаментной части трубы начинают с установки открьлков выходного оголовка с помощью автокрана с грузоподъёмностью в зависимости от вылета стрелы и массы поднимаемого элемента (рисунки 3.4 и 3.5). Затем монтируют звенья трубы, и после их укладки устанавливают открьлки выходного оголовка.

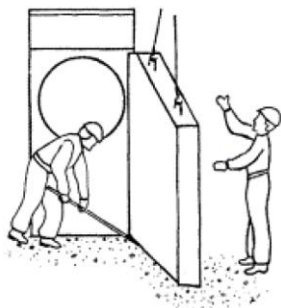
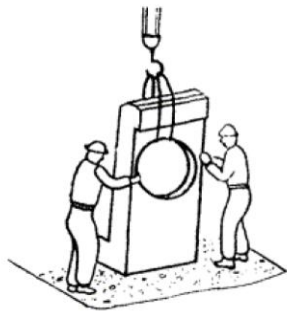


Рисунок 3.4 – Монтаж порталной стенки    Рисунок 3.5 – Монтаж откосной стенки  
На элементы, подлежащие монтажу, должны быть нанесены:

- номер и масса монтажной марки;
- центр тяжести элемента;
- места строповки;
- контрольные осевые и нивелировочные знаки.

Строповочные петли на соприкасающихся поверхностях (торцах) звеньев сборных железобетонных труб перед монтажом последующего блока должны быть срезаны заподлицо с поверхностью бетона; срубка петель зубилом или их загиб не допускаются.

Монтаж ведут в направлении от выходного оголовка к входному. После готовности подушки осуществляют установку откосных крыльев, сначала выходного, а затем и входного оголовков.

**Устройство гидроизоляции, засыпка трубы и укрепительные работы.** Для боковых стенок звеньев заводского изготовления, прошедших испытания на водонепроницаемость, допускается применение обмазочной гидроизоляции, состоящей из двух слоёв горячей или холодной битумной мастики по битумной грунтовке (рисунок 3.6). Боковые стенки звеньев покрывают также оклеечной гидроизоляцией при неудовлетворительных результатах испытания бетона на водонепроницаемость.



Рисунок 3.6 – Устройство гидроизоляции водопропускной трубы

Гидроизоляционные работы производят только в сухую погоду при температуре воздуха не ниже +5 °С. При температуре воздуха свыше 25 °С или в случае дождя место работы защищают от воздействия солнечных лучей и дождя тентом.

В комплекс изоляционных работ входят заделка швов между звеньями трубы, оклеечная изоляция швов и обмазочная изоляция трубы.

Сразу после окончания работ по гидроизоляции и составления акта приемки трубу засыпают грунтом на высоту 0,5 м над верхом трубы для сохранности конструкции трубы и изоляции. Грунт к трубе надвигают бульдозером, а затем экскаватором, оборудованным грейфером, грунт отсыпают горизонтальными слоями толщиной 15–20 см одновременно с обеих сторон трубы. Каждый слой разравнивают лопатами и уплотняют электротрамбовками по обеим сторонам от трубы для создания плотного грунтового слоя вокруг звеньев.

Укрепление русла, конусов откосов насыпи у труб одиночным или двойным мощением применяют при наличии камня в районе строительства. При отсутствии камня, но наличии бетона, укрепление делают монолитными бетонными плитами. При отсутствии камня и бетона для укрепления применяют сборные бетонные или другие виды укрепления. Конусы и откосы насыпи укрепляют после их осадки, сроки которой устанавливают проектом земляного полотна.

### 3.2 Разработка плана строительной площадки водопропускной трубы

Расстояние от продольной оси котлована до места разгрузки следует принимать таким, чтобы монтажный кран мог подавать элементы под сборку с наименьшим количеством перемещений.

При монтаже элементов трубы автокран может перемещаться вдоль котлована на расстоянии минимум 2,5 м от края котлована (рисунок 3.7).

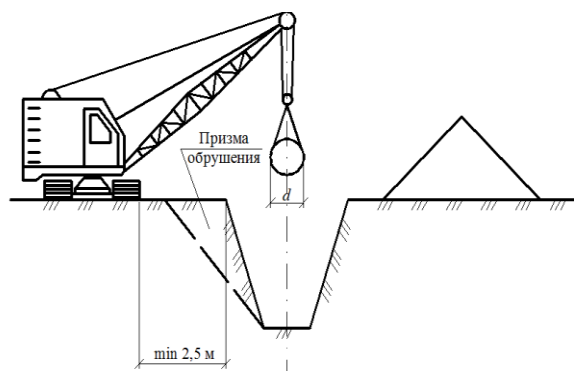


Рисунок 3.7 – Размещение крана вдоль котлована

На каждой стоянке автокрана установка его на дополнительные выносные опоры (аутригеры) обязательна.

Для удобства монтажа большую часть сборных элементов трубы сгружают на одной половине строительной площадки, другую половину оставляют для размещения вспомогательного оборудования и стоянки строительных машин (рисунок 3.8).

Порядок размещения сборных элементов должен быть увязан с технологической последовательностью монтажа трубы. При разгрузке бетонных блоков должна быть обеспечена их сохранность от повреждений.

Фундаментные блоки укладывают в штабеля двумя продольными рядами по два-три яруса в каждом штабеле. Каждый блок в штабеле укладывают на две деревянные прокладки шириной не менее 10 см для сохранения монтажных петель от повреждения и удобства строповки. Между штабелями блоков или между звеньями трубы оставляют промежутки шириной не менее 0,75 м для удобства строповки и возможности прохода рабочих.

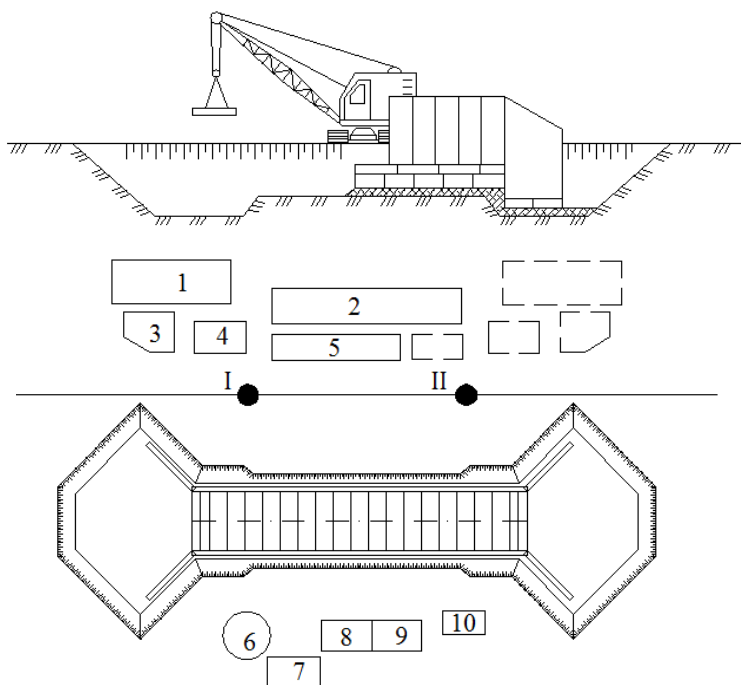


Рисунок 3.8 – План строительной площадки:

- 1 – фундаментные блоки; 2 – звенья трубы; 3 – блоки оголовков; 4 – порталные блоки;  
 5 – лекальные блоки; 6 – бетономешалка; 7 – контейнер с цементом; 8 – склад щебня;  
 9 – склад песка; 10 – электростанция; I, II – стоянки крана

Звенья труб укладывают в два ряда в вертикальном положении. При стесненных условиях на строительной площадке звенья труб разрешается укладывать в штабеля как в горизонтальном, так и в вертикальном положении. При горизонтальном положении звеньев в штабеле должно быть не более трех ярусов (при этом крайние звенья должны быть надежно расклинены от раскатывания), при вертикальном положении звеньев – два яруса.

В расчётно-графической работе необходимо разработать план строительной площадки. На плане указываются габаритные размеры площадки, места складирования сборных элементов, материалов и оборудования, стоянки крана.

Строительная площадка должна занимать как можно меньшую территорию, но при этом допускать размещение объектов обслуживания строительства, материалов, изделий и средств механизации. На площадку доставляют и устанавливают бетономешалку, электростанцию,

битумоварочный агрегат и другие необходимые машины и оборудование.

Особое внимание обращают на расположение монтажного крана, который должен обслуживать возможно большую площадь.

Выбирая автомобильный кран, необходимо точно рассчитать его грузоподъемность. Соблюдение этого правила позволяет обеспечить безупречную работу автокрана и безопасность. Нужно отметить, что для подъема и перемещения груза массой  $M$  нельзя применять автомобильный кран такой же номинальной грузоподъемности. В документах на спецтехнику указывают реальные значения грузоподъемности, но эти параметры даны для минимального вылета стрелы, т. е. строго вертикального. Такая схема работы автомобильного крана на практике не применяется, поэтому номинальная характеристика грузоподъемности автомобильного крана для организации строительно-монтажных работ не имеет смысла. При увеличении вылета стрелы автомобильного крана его грузоподъемность снизится.

Чтобы правильно определить необходимую грузоподъемность машины, нужно использовать ее грузовысотные характеристики. Определяя грузоподъемность автомобильного крана, необходимо знать не только массу и габарит груза, но и ряд геометрических характеристик его подъема, при которых автомобильный кран будет работать с данной стоянки.

Для расчета грузоподъемности автомобильного крана используют таблицы или графики. В настоящее время таблицы и графики грузоподъемности имеются для различных автомобильных кранов.

В качестве ведущего механизма на рисунке 3.9 представлен автомобильный кран «Машека» КС-55727-1-11, имеющий номинальную грузоподъемность 25 т, снабженный стрелой длиной 28,08 м. На рисунке 3.10 представлен график грузоподъемности этого крана. На оси абсцисс этого графика даны значения вылета стрелы, а на оси ординат указаны величины высоты подъема груза. Используя эти характеристики, определяют фактическую грузоподъемность крана.





Рисунок 3.9 – Общий вид автомобильного крана «Машека» КС-55727-1-11

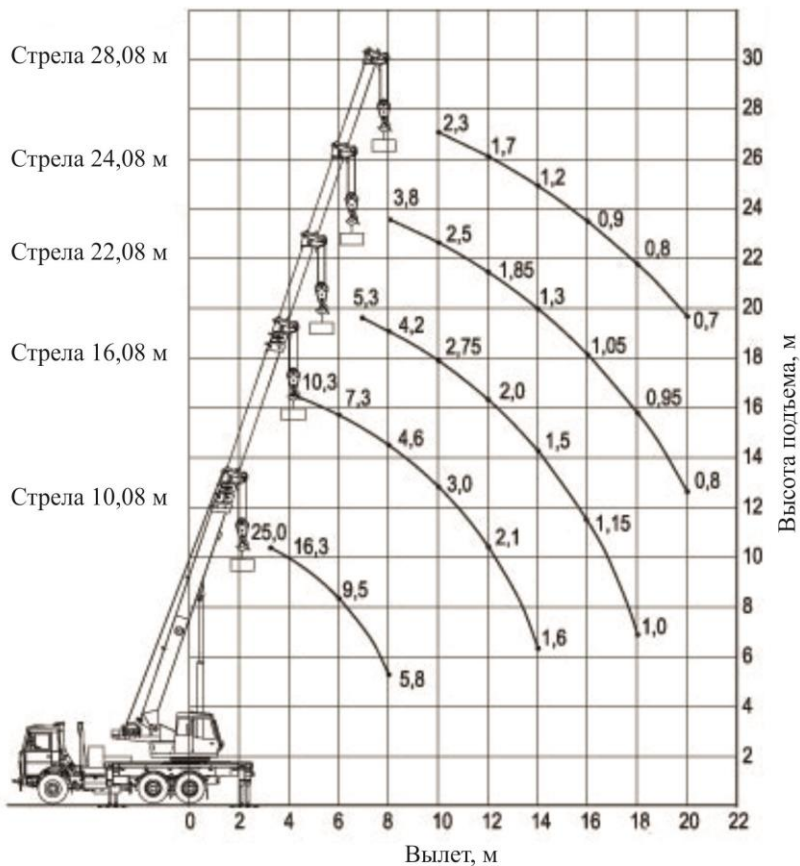


Рисунок 3.10 – График для определения фактической грузоподъемности автомобильного крана «Машека» КС-55727-1-11

Пример оформления чертежа плана строительной площадки представлен в приложении И.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
(справочное)

**Исходные данные для проектирования водопропускной трубы**

Вариант	Область, пункт проектирования	Высота насыпи $H$ , м	Расчетный расход воды $Q_{рас}$ , м <sup>3</sup> /с	Категория автомобильной дороги	Отметка бровки земляного полотна ВБП	Тип трубы (вид соединения)
1	Чечерск	6,2	6,8	III	172,6	КЖБТ (Т)
2	Барановичи	4,3	3,2	III	155,3	КЖБТ (ТБ)
3	Горки	5,7	7,49	II	149,6	КЖБТ (Т)
4	Гродно	4,6	10,25	II	148,3	ПЖБТ
5	Мозырь	5,7	4,9	II	162,4	КЖБТ (ТБ)
6	Минск	6,4	19,2	II	158,3	ПЖБТ
7	Ивацевичи	4,8	9,8	IV	172,5	КЖБТ (ТБ)
8	Житковичи	6,8	20,3	IV	135,6	ПЖБТ
9	Волковыск	3,2	8,6	III	125,3	КЖБТ (Т)
10	Лида	5,4	10,2	II	155,2	КЖБТ (ТБ)
11	Березина	6,5	20,2	II	149,8	ПЖБТ
12	Слуцк	4,9	12,6	III	148,6	ПЖБТ
13	Брест	4,8	6,5	III	148,5	КЖБТ (ТБ)
14	Орша	4,5	8,5	III	143,2	КЖБТ (Т)
15	Могилев	5,7	13,8	II	185,6	КЖБТ (ТБ)
16	Витебск	7,2	12,4	II	156,2	ПЖБТ
17	Василевичи	6,2	7,9	II	142,3	КЖБТ (ТБ)
18	Жлобин	4,5	10,6	III	148,6	ПЖБТ
19	Борисов	3,4	6,8	IV	152,6	КЖБТ (Т)
20	Полоцк	7,2	12,5	III	125,6	ПЖБТ
21	Пинск	5,3	20,5	II	148,5	ПЖБТ
22	Гомель	6,2	4,8	III	128,6	КЖБТ (ТБ)
23	Бобруйск	4,8	9,3	II	132,5	КЖБТ (Т)
24	Ошмяны	3,7	8,6	III	142,6	КЖБТ (ТБ)
25	Столбцы	5,2	10,5	IV	153,1	КЖБТ (ТБ)
26	Вилейка	6,1	21,3	II	136,1	ПЖБТ
27	Верхнедвинск	6,4	9,6	III	141,2	КЖБТ (Т)
28	Кличев	4,9	10,1	II	138,2	КЖБТ (Т)
29	Октябрь	5,4	15,3	II	134,5	ПЖБТ
30	Лельчицы	4,8	8,5	II	142,6	КЖБТ (Т)

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
(справочное)

**Глубина промерзания грунта**

Область, пункт	Глубина промерзания, см		Тип грунта
	средняя из максимальных за год	наибольшая из максимальных	
<i><b>ВИТЕБСКАЯ ОБЛАСТЬ</b></i>			
Езерище	67	130	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине 0,5–0,6 м моренным суглинком
Верхнедвинск	59	105	Тяжелый суглинок, подстилаемый на глубине 0,5 м глиной
Полоцк	60	122	Пылеватая супесь, подстилаемая на глубине 0,5–0,6 м моренным суглинком
Шарковщина	89	134	Тяжелый суглинок, подстилаемый на глубине 0,3–0,4 м глиной
Витебск	73	142	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине 0,5–0,6 м моренным суглинком
Лынтупы	63	123	Супесь, подстилаемая песком
Докшицы	82	130	Супесь, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком
Лепель	53	99	Супесь, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком
Сенно	79	129	Моренный суглинок
Орша	71	140	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком
<i><b>МИНСКАЯ ОБЛАСТЬ</b></i>			
Вилейка	80	148	Легкая супесь, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком
Борисов	71	147	Легкий суглинок, подстилаемый на глубине около 1 м песком
Воложин	51	97	Моренный суглинок
Минск	63	137	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине около 1 м песком
Березино	77	150	Легкая супесь, подстилаемая на глубине до 1 м песком

Столбцы	55	90	Супесь, подстилаемая на глубине 0,4–0,5 м моренным суглинком
---------	----	----	--

Продолжение приложения Б

Область, пункт	Глубина промерзания, см		Тип грунта
	средняя из максимальных за год	наибольшая из максимальных	
Марьяна Горка	79	134	Легкая супесь, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком
Слуцк	71	133	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине около 1 м песком
<i>ГРОДНЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ</i>			
Ошмяны	78	142	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине 0,5 м моренным суглинком
Лида	58	113	Супесь, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком
Гродно	65	134	Суглинок, подстилаемый на глубине до 1 м моренным суглинком
Новогрудок	35	75	Легкий суглинок и пылеватая супесь, подстилаемые на глубине 0,3–0,4 м моренным суглинком
Волковыск	76	149	Супесь, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком
<i>МОГИЛЕВСКАЯ ОБЛАСТЬ</i>			
Горки	76	145	Легкий суглинок
Могилев	65	130	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине до 1 м моренным суглинком
Кличев	82	150	Супесь, подстилаемая на глубине около 1 м моренным суглинком
Славгород	75	140	
Костюковичи	77	150	
Бобруйск	69	132	Супесь, подстилаемая на глубине около 1 м моренным суглинком с прослойкой песка
<i>БРЕСТСКАЯ ОБЛАСТЬ</i>			
Барановичи	92	150	Супесь, подстилаемая на глубине 0,6–0,7 м песком или моренным суглинком
Ганцевичи	39	112	Песок и легкий суглинок, подстилаемый песком
Ивацевичи	47	127	Супесь, подстилаемая на глубине 0,5–0,6 м песком
Пружаны	77	150	Супесь, подстилаемая на глубине около 1 м моренным суглинком или супесью
Высокое	59	115	Супесь, подстилаемая на глубине 0,5–0,6 м

			моренным суглинком
Полесский	63	100	Песок
Брест	55	142	
Пинск	62	121	Пылеватая супесь, подстилаемая на глубине около 1 м суглинком

Окончание приложения Б

Область, пункт	Глубина промерзания, см		Тип грунта
	средняя из максимальных за год	наибольшая из максимальных	
<i>ГОМЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ</i>			
Жлобин	75	120	Супесь, подстилаемая на глубине около 1 м
Чечерск	61	>150	моренным суглинком
Октябрь	63	119	Песок, подстилаемый на глубине около 1 м моренным суглинком
Гомель	63	148	Песок
Василевичи	69	150	Пылеватая супесь и песок
Житковичи	48	102	Песок
Мозырь	68	135	Супесь, подстилаемая на глубине 0,3–0,4 м песком
Лельчицы	58	106	Песок
Брагин	62	115	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине около 1 м песком

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
(справочное)

**Типовые элементы круглых водопропускных железобетонных труб**

*Трубы водопропускные железобетонные безнапорные раструбные ГОСТ 6482*

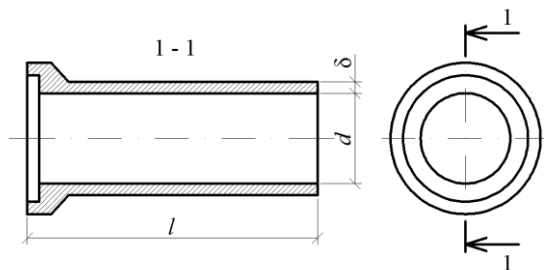


Рисунок В.1 – Труба железобетонная безнапорная раструбная типа Т

Таблица В.1 – Характеристика звеньев железобетонной безнапорной раструбной трубы типа Т

Марка звена	Геометрические размеры, мм			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса изделия, т	Норма загрузки, шт.	
	внутренний диаметр $d$ , мм	толщина стенки $\delta$ , мм	длина $l$ , мм			авто	ж/д
Т 100.50-2,3	1000	100	5000	1,90	4,75	2-4	8
Т 120.50-2,3	1200	110	5000	2,40	6,00	2	4
Т 140.50-2,3	1400	110	5000	2,80	7,00	2	4
Т 160.50-2,3	1600	120	5000	3,50	8,70	2	2

*Примечание* – Маркировка железобетонных труб включает в себя буквенное и числовое обозначение типа изделия, например Т 40.25-2, где Т – вид стыкового соединения (раструб); 40 – диаметр проходного отверстия в см (Ø 400 мм); 25 – полезная (рабочая) длина трубы в дм ( $L = 2,5$  м); 2 – соответствие группе по несущей способности, в данном случае – 2, т. е. данные трубы можно применять, если высота насыпи от верхней части трубы не будет превышать 4 м.

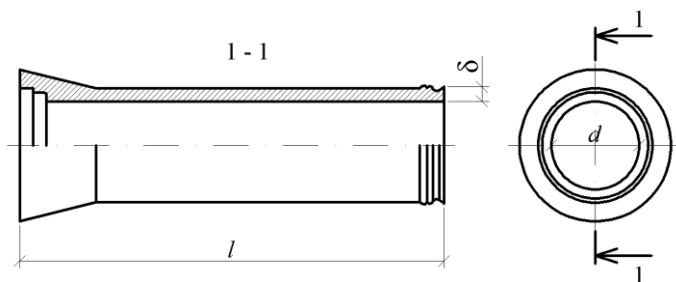


Рисунок В.2 – Труба железобетонная безнапорная раструбная типа ТБ

Таблица В.2 – Характеристика звеньев железобетонной безнапорной раструбной трубы типа ТБ

Марка звена	Геометрические размеры, мм			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса изделия, т	Норма загрузки, шт.	
	внутренний диаметр $d$ , мм	толщина стенки $\delta$ , мм	длина $l$ , мм			авто	ж/д
ТБ 100.50-3	1000	75	5000	1,42	3,600	5	10
ТБ 120.50-3	1200	85	5000	1,98	5,000	2	6
ТБ 140.50-3	1400	95	5000	2,66	6,700	2	4
ТБ 160.50-3	1600	105	5000	3,28	8,200	2	2

*Блоки порталных стенок. Серия проекта 503–7–015.90*

Рисунок В.3 – Блок порталной стенки для железобетонной безнапорной раструбной трубы

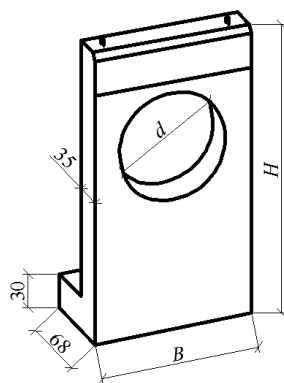




Таблица В.3 – Характеристика блоков порталной стенки для железобетонной безнапорной раструбной трубы

Марка блока порталной стенки	Габаритные размеры, см			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса, т
	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>d</i>		
П 10.15	150	272	100	1,26	3,16
П 12.18	175	293	120	1,56	3,90
П 14.20	195	315	140	1,76	4,40
П 16.21	214	335	160	2,02	5,05

Откосные стенки. Серия проекта 503–7–015.90

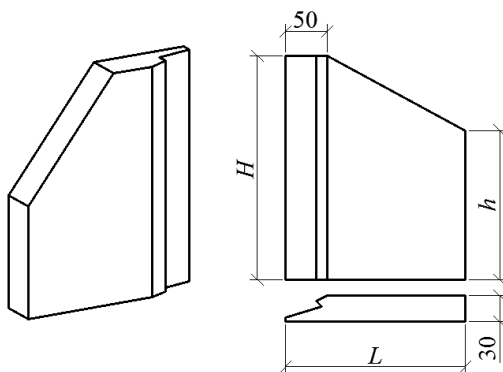


Рисунок В.4 – Откосная стенка для железобетонной безнапорной раструбной трубы

Таблица В.4 – Характеристика откосных стенок для железобетонной безнапорной раструбной трубы

Номер блока откосной стенки	Габаритные размеры, см			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса, т
	<i>H</i>	<i>l</i>	<i>h</i>		
38	227	185	142	0,94	2,35
39	247	220	141	1,20	2,98
40	279	270	141	1,60	4,00
41	311	322	141	2,14	5,35

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
(справочное)

**Типовые элементы прямоугольных водопропускных железобетонных труб**

*Звенья сборные прямоугольные железобетонные для водопропускных труб ГОСТ 24547*

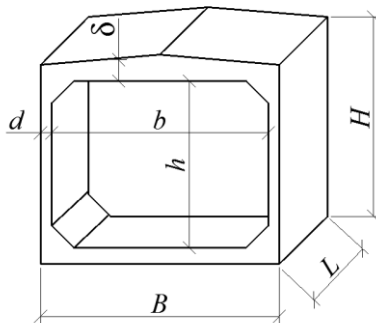


Рисунок Г.1 – Звено железобетонное прямоугольное водопропускной трубы средней части

**Таблица Г.1 – Характеристика звеньев железобетонных прямоугольных водопропускных труб средней части**

Марка звена	Высота насыпи, м	Габаритные размеры, см			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса, т
		длина L	ширина B (толщина стойки d)	высота H (толщина ригеля $\delta$ )		
ЗП 1.100-F $b \times h = 100 \times 150$ см	1,86	100	122 (11)	174 (11)	0,66	1,7
ЗП 2.100-F $b \times h = 100 \times 150$ см	7,00	100	122 (11)	178 (13)	0,70	1,8
ЗП 3.100-F $b \times h = 100 \times 150$ см	19,00	100	122 (11)	186 (17)	0,80	2,0
ЗП 4.100-F $b \times h = 125 \times 150$ см	1,88	100	149 (12)	179 (13)	0,81	2,0
ЗП 5.100-F $b \times h = 125 \times 150$ см	7,00	100	149 (12)	185 (16)	0,90	2,3

Окончание таблица Г.1

Марка звена	Высота насыпи, м	Габаритные размеры, см			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса, т
		длина <i>L</i>	ширина <i>B</i> (толщина стойки <i>d</i> )	высота <i>H</i> (толщина ригеля <i>δ</i> )		
ЗП 6.100- <i>F</i> <i>b</i> × <i>h</i> = 125×150 см	19,00	100	149 (12)	193 (20)	1,02	2,6
ЗП 7.100- <i>F</i> <i>b</i> × <i>h</i> = 150×200 см	2,40	100	174 (12)	233 (15)	1,11	2,8
ЗП 8.100- <i>F</i> <i>b</i> × <i>h</i> = 150×200 см	9,00	100	174 (12)	243 (20)	1,28	3,2
ЗП 9.100- <i>F</i> <i>b</i> × <i>h</i> = 150×200 см	19,00	100	180 (15)	253 (25)	1,60	4,0
ЗП 10.100- <i>F</i> <i>b</i> × <i>h</i> = 200×200 см	3,50	100	226 (13)	238 (17)	1,41	3,5
ЗП 11.100- <i>F</i> <i>b</i> × <i>h</i> = 200×200 см	9,00	100	226 (13)	250 (23)	1,69	4,2
ЗП 12.100- <i>F</i> <i>b</i> × <i>h</i> = 200×200 см	19,00	100	232 (16)	268 (32)	2,25	5,6
ЗП 13.100 <i>F</i> <i>b</i> × <i>h</i> = 250×200 см	3,50	100	276 (13)	245 (20)	1,77	4,4
ЗП 14.100- <i>F</i> <i>b</i> × <i>h</i> = 250×200 см	9,00	100	284 (17)	257 (26)	2,31	5,8
ЗП 15.100- <i>F</i> <i>b</i> × <i>h</i> = 250×200 см	19,00	100	290 (20)	279 (37)	3,10	7,8
ЗП 16.100- <i>F</i> <i>b</i> × <i>h</i> = 300×250 см	5,00	100	332 (16)	300 (22)	2,49	6,2
ЗП 17.100- <i>F</i> <i>b</i> × <i>h</i> = 300×250 см	9,00	100	340 (20)	314 (29)	3,20	8,0
ЗП 18.100- <i>F</i> <i>b</i> × <i>h</i> = 300×250 см	19,00	100	346 (23)	332 (38)	4,02	10,0

*Примечание* – Маркировка железобетонных труб включает в себя буквенное и числовое обозначение типа изделия, например ЗП 1.100-*F* *b*×*h* = 100×150 см, где ЗП – звено прямоугольное; 1 – номер звена; 100 – полезная (рабочая) длина трубы; *b*×*h* = 100×150 см – проходное отверстие в см.

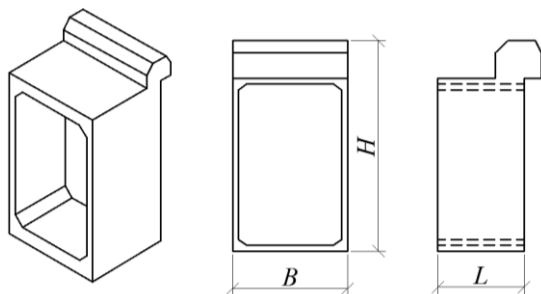


Рисунок Г.2 – Звенья оголовка для трубы водопропускной железобетонной прямоугольной сборной

Таблица Г.2 – Характеристика звеньев оголовка для трубы водопропускной железобетонной прямоугольной сборной

Наименование изделия	Проходное отверстие, см	Габаритные размеры, см			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса, т
		ширина <i>B</i> (толщина стойки <i>d</i> )	высота <i>H</i> (толщина ригеля $\delta$ )	длина <i>L</i>		
ЗП 27 сб. (блок № 98)	100×150	122 (11)	262 (11)	100	0,95	2,4
ЗП 32 сб. (блок № 99)	100×150	122 (11)	212 (11)	100	0,84	2,1
ЗП 34 сб. (блок № 105)	100×150	124 (12)	270 (15)	100	1,37	3,4
ЗП 28 сб. (блок № 101)	125×150	149 (12)	266 (13)	100	1,17	2,9
ЗП 33 сб. (блок № 102)	125×150	149 (12)	216 (13)	100	1,03	2,6
ЗП 29 сб. (блок № 104)	150×200	174 (12)	320 (15)	100	1,49	3,7
ЗП 35 сб. (блок № 53)	150×200	226 (13)	274 (27)	100	1,75	4,4
ЗП 30 сб. (блок № 52)	200×200	226 (13)	324 (17)	100	1,88	4,7
ЗП 31 сб. (блок № 55)	250×200	276 (13)	330 (20)	100	2,32	5,8
ЗП 36 сб. (блок № 56)	250×200	276 (13)	280 (20)	100	2,19	5,5
ЗП 37 сб. (блок № 106)	300×250	332 (16)	334 (20)	100	3,00	7,5

Откосные стенки. Серия проекта 3.501.1–177.93

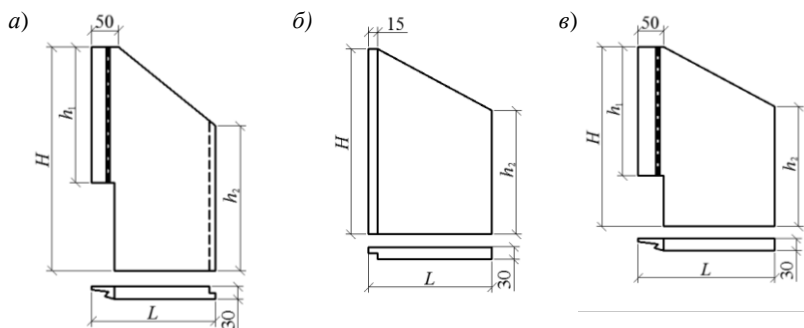


Рисунок Г.3 – Откосные стенки для трубы водопропускной железобетонной прямоугольной сборной: а – откосные стенки марки СТ-1, СТ-2; б – откосная стенка марки СТ-3; в – откосная стенка марки СТ-4

Таблица Г.3 – Характеристика откосных стенок для трубы водопропускной железобетонной прямоугольной сборной

Марка откосного крыла (№ блока)	Габаритные размеры, см				Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса, т
	L	H	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>		
СТ-1 (57)	189	361	221	274	1,52	3,8
СТ-2 (58)	277	415	275	274	2,59	6,5
СТ-3 (59)	175	279	–	172	1,13	2,8
СТ-4 (108)	270	303	163	165	1,77	4,4

ПРИЛОЖЕНИЕ Д  
(справочное)

**Типовые элементы фундаментов**

*Фундаментные плиты. Серия проекта 3.501.1–177.93*

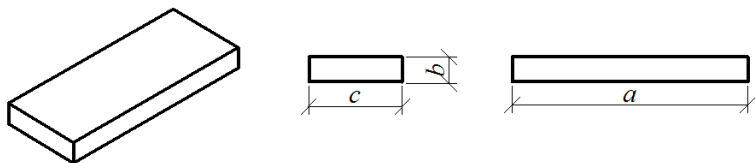


Рисунок Д.1 – Фундаментные плиты

**Таблица Д.1 – Характеристика фундаментных плит**

Марка фундаментной плиты	Габаритные размеры, см			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса, т
	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>b</i>		
Ф1	150	125	20	0,40	1,0
Ф2	201	125	20	0,50	1,25
Ф3	251	125	20	0,64	1,6
Ф4	150	150	20	0,44	1,1
Ф5	201	150	20	0,60	1,5
Ф11	95	50	20	0,12	0,3
Ф12	190	50	20	0,20	0,5
Ф13	240	50	20	0,24	0,6

*Фундаментные блоки. Серия проекта 3.501.1–177.93*

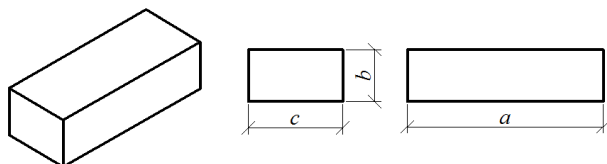


Рисунок Д.2 – Фундаментные блоки

Т а б л и ц а Д.2 – Характеристика фундаментных блоков

Марка фундаментного блока	Габаритные размеры, см			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса, т
	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>b</i>		
Ф6.201	201	132	70	1,80	4,5
Ф6.302	302	132	70	2,68	6,7
Ф6.403	403	132	70	3,56	8,9
Ф7.201	201	159	70	2,16	5,4
Ф7.302	302	159	70	3,24	8,1
Ф7.403	403	159	70	4,32	10,8
Ф8.201	201	190	70	2,56	6,4
Ф8.302	302	190	70	3,24	8,1
Ф8.403	403	190	70	5,12	12,8
Ф9.201	201	242	70	3,28	8,2
Ф9.302	302	242	70	4,92	12,3
Ф10.201	201	300	70	4,08	10,2

Лекальные блоки фундаментов. Серия проекта 503–7–01590

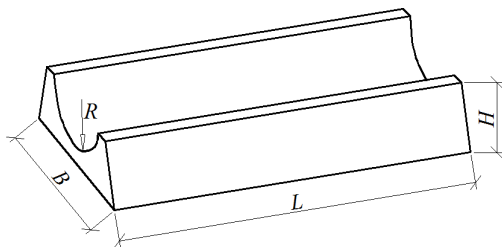


Рисунок Д.3 – Лекальный блок для железобетонной безнапорной раструбной трубы

Т а б л и ц а Д.3 – Характеристика лекальных блоков для железобетонной безнапорной раструбной трубы

Марка лекального блока	Внутренний диаметр трубы <i>d</i> , см	Габаритные размеры, см				Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса, т
		<i>B</i>	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>R</i>		
Ф12.4	160	162	125	52	93	0,69	1,73
Ф20.4	160	162	200	52	93	1,20	3,0
Ф12.3	140	146	125	49	82	0,78	1,5
Ф20.3	140	146	200	49	82	1,05	2,63
Ф12.2	120	132	125	46	72	0,52	1,31
Ф20.2	120	132	200	46	72	0,93	2,33
Ф12.1	100	116	125	43	61	0,46	1,15
Ф20.1	100	116	200	43	61	0,72	1,81

**ПРИЛОЖЕНИЕ E**  
(справочное)

**Нормативные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов**

Т а б л и ц а E.1 – Нормативные значения удельного сцепления  $c_n$ , кПа, угла внутреннего трения  $\varphi_n$ , град, и модуля деформации  $E$ , МПа, для песчаных грунтов четвертичных отложений

Наименование песчаных грунтов	Обозначение характеристик грунтов	Значения характеристик грунтов при коэффициенте пористости $e$			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистые и крупные	$c_n$	2	1	–	–
	$\varphi_n$	43°	40°	38°	35°
	$E$	50	40	30	15
Средней крупности	$c_n$	3	2	1	–
	$\varphi_n$	40°	38°	35°	33°
	$E$	45	35	25	13
Мелкие	$c_n$	6	4	2	–
	$\varphi_n$	38°	36°	32°	28°
	$E$	40	30	20	12
Пылеватые	$c_n$	8	6	4	2
	$\varphi_n$	36°	34°	30°	26°
	$E$	35	25	18	11

Т а б л и ц а E.2 – Условные сопротивления глинистых грунтов

Глинистые грунты	Коэффициент пористости $e$	Значение $R_0$ , кПа, при показателе текучести грунта $I_L$ , равном		
		0	0,5	0,75
Супеси	0,5	400	300	250
	0,7	300	250	200
Суглинки	0,5	400	350	300
	0,7	350	300	200
	0,85	250	200	150
Глины	0,5	600	500	400
	0,6	500	400	300
	0,8	300	250	200
	1,0	250	200	150



Таблица Е.3 – Нормативные значения удельного сцепления  $c_n$ , кПа, угла внутреннего трения  $\varphi_n$ , град, и модуля деформации  $E$ , МПа, для глинистых (не моренных и не лессовых) грунтов четвертичных отложений

Наименование глинистых грунтов	Пределы нормативных значений показателя текучести $I_L$	Обозначения характеристик грунтов	Значения характеристик грунтов при коэффициенте пористости $e$						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$c_n$	21	17	15	13	–	–	–
		$\varphi_n$	30°	29°	27°	24°	–	–	–
		$E$	32	24	16	10	7	–	–
	$0,25 < I_L \leq 0,75$	$c_n$	19	15	13	11	9	–	–
		$\varphi_n$	28°	26°	24°	21°	18°	–	–
		$E$	31	23	15	9	6	–	–
Суглинки	$0 < I_L \leq 0,25$	$c_n$	47	37	31	25	22	19	–
		$\varphi_n$	26°	25°	24°	23°	22°	20°	–
		$E$	34	27	22	17	14	11	–
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$c_n$	39	34	28	23	18	15	–
		$\varphi_n$	24°	23°	22°	21°	19°	17°	–
		$E$	32	25	19	14	11	8	–
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	$c_n$	–	–	25	20	16	14	12
		$\varphi_n$	–	–	19°	18°	16°	14°	12°
		$E$	–	–	17	12	8	6	5
Глины	$0 < I_L \leq 0,25$	$c_n$	–	81	68	54	47	41	36
		$\varphi_n$	–	21°	20°	19°	18°	16°	14°
		$E$	–	28	24	21	18	15	12
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$c_n$	–	–	57	50	43	37	32
		$\varphi_n$	–	–	18°	17°	16°	14°	11°
		$E$	–	–	21	18	15	12	9

Таблица Е.4 – Условные сопротивления песчаных грунтов

Пески	Значение $R_0$ , кПа, в зависимости от прочности песков	
	Прочные при коэффициенте пористости $e$ от 0,45 до 0,54	Средней прочности при коэффициенте пористости $e$ от 0,55 до 0,75
Крупные	600	500
Средние	500	400
Мелкие:		
маловлажные и влажные	400	300
водонасыщенные	300	250
Пылеватые:		
маловлажные	300	250
влажные	250	150

водонасыщенные

200

100

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **ТКП 45-3.03-19-2006.** Автомобильные дороги. Нормы проектирования. – Взамен СНиП 2.05.02-85 ; введ. 2006-01-26. – Минск : Минстройархитектуры, 2006. – 48 с.
- 2 **ТКП 45-3.03-232-2011.** Мосты и трубы. Строительные нормы проектирования. – Взамен СНиП 2.05.03-84 ; введ. 2011-04-22. – Минск : Минстройархитектуры, 2012. – 298 с.
- 3 **ТКП 45-3.03-192-2010.** Мосты и трубы. Правила устройства. – Взамен СНиП 3.06.04-91 ; введ. 2010-12-17. – Минск : Минстройархитектуры, 2011. – 64 с.
- 4 **ТКП 45-5.01-67-2007.** Фундаменты плитные. Правила проектирования. – Введ. 2007-04-02. – Минск : Минстройархитектуры, 2008. – 136 с.
- 5 **СНБ 2.04.02-2000.** Строительная климатология. – Взамен СНиП 2.01.01-82 ; введ. 2000-12-07. – Минск : Минстройархитектуры, 2001. – 37 с.
- 6 **ГОСТ 6482-2011.** Трубы железобетонные безнапорные. Технические условия. – Взамен ГОСТ 6482-88 ; введ. 2013-01-01. – М. : Стандартинформ, 2013. – 20 с.
- 7 **ГОСТ 24547-2016.** Звенья железобетонные водопропускных труб под насыпями автомобильных и железных дорог. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 24547-81 ; введ. 2017-07-01. – М. : Стандартинформ, 2017. – 16 с.
- 8 **Серия 3.501.1-177.93.** Трубы водопропускные железобетонные прямоугольные сборные для автомобильных и железных дорог. – СПб. : Трансмост, 1993.
- 9 **Серия 503.7-015.90.** Трубы водопропускные круглые железобетонные из длинномерных звеньев отверстием 1,0; 1,2; 1,4 и 1,6 м под автомобильные дороги. – Воронеж : ГипродорНИИ, 1991.
- 10 **Гриценко В. А.** Проектирование основания и фундамента водопропускной трубы / В. А. Гриценко, В. Н. Шестаков. – Омск : СибАДИ, 2010. – 43 с.
- 11 **Красин Н. А.** Проектирование и расчет водопропускных труб под насыпями / Н. А. Красин, Р. К. Мамажанов, А. В. Тарсин. – Ташкент : ТашИИТ, 1986. – 32 с.
- 12 **Другов, Л. И.** Проектирование водопропускных труб под насыпями железных дорог / Л. И. Другов. – Гомель : БелИИЖТ, 1989. – 38 с.
- 13 **Александров А. С.** Технология строительства водопропускных труб автомобильных дорог / А. С. Александров, Т. В. Семенова. – Омск : СибАДИ, 2015. – 127 с.

Учебное издание

*ЭТИН Павел Юрьевич*

**Проектирование водопропускных железобетонных труб  
под насыпями автомобильных дорог**

Учебно-методическое пособие

Редактор *И. И. Эвентов*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Компьютерный набор и верстка *П. Ю. Этина, Т. И. Шляхтовой*

Подписано в печать 19.12.2017 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 2,79 + 1 вкл. (0,23 усл. печ. л.). Уч.-изд. л. 2,96. Тираж 100 экз.

Зак. № . Изд. № 60

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский государственный университет транспорта.

Свидетельство о государственной регистрации издателя,

изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.

№ 2/104 от 01.04.2014.

Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель  
**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра «Строительные технологии и конструкции»**

**П. Ю. ЭТИН**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПРОПУСКНЫХ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ ПОД НАСЫПЯМИ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

**Учебно-методическое пособие**

**Гомель 2017**